

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-344785

(P2003-344785A)

(43) 公開日 平成15年12月3日 (2003.12.3)

(51) Int. CL ⁷	識別記号	F I	チーコード [*] (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E 2 H 0 4 1
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	5 K 0 6 9
	7/04		
H 0 4 Q 3/52		H 0 4 Q 3/52	B

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-151549 (P2002-151549)

(22) 出願日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(71) 出願人 398067270

富士通メディアデバイス株式会社

神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番地12

(74) 代理人 100096380

弁理士 吉田 聡 (外2名)

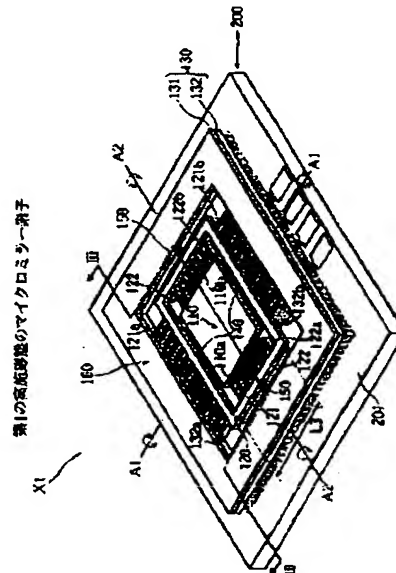
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロミラー素子

(57) 【要約】

【課題】 ミラー面の数の増加に伴う素子の大型化を抑制可能なマイクロミラー素子を提供すること。

【解決手段】 マイクロミラー素子X1において、フレーム部130と、ミラー部を有する可動部110、120と、フレーム部130および可動部110、120を連結するトーションバー150とが形成されているマイクロミラー基板100と、配線パターン210が形成されている配線基板200と、マイクロミラー基板100および配線基板200を隔隔させつつフレーム部130および配線パターン210を電気的に接続するための導電スペーサ300とを備えることとする。



(2)

特開2003-344785

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を隔隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする、マイクロミラー素子。

【請求項2】 フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を隔隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする、マイクロミラー素子。

【請求項3】 前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる、請求項1または2に記載のマイクロミラー素子。

【請求項4】 前記導電スペーサは、電極パッドを介して前記配線パターンおよび/または前記フレーム部に接続している、請求項1から3のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項5】 前記導電スペーサは、導電性接着剤を介して前記配線パターンおよび/または前記フレーム部に接続している、請求項1から4のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項6】 前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第1の面を有し、当該第1の面には、前記可動部の進入を許容する退避部が形成されている、請求項1から5のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項7】 前記マイクロミラー基板と前記配線基板との間に接着剤が介在する、請求項1から6のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項8】 前記可動部は第1偏置電極部を有し、前記フレーム部は、前記第1偏置電極部との間に静電力を生じさせることにより前記可動部を変位させるための第2偏置電極部を有する、請求項1から7のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【請求項9】 前記可動部は、前記トーションバーを介して前記フレーム部に連結された中継フレームと、当該中継フレームから離隔するミラー形成部と、当該中継フレームおよびミラー形成部を連結する中継トーションバーとを備え、前記中継トーションバーは、前記トーションバーの延び方向に対して交差する方向に延びている、請求項1から8のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

2

【請求項10】 前記マイクロミラー基板は、絶縁膜および/または空隙により相互に絶縁された複数の区画を有し、当該複数の区画の一部は、前記導電スペーサと電気的に接続している、請求項1から9のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の光ファイバ間の光路の切り換えを行う光スイッチング装置などに組み込まれる素子であって、光反射によって光の進行方向を変更するためのマイクロミラー素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信技術が様々な分野で広く利用されるようになってきた。光通信においては、光ファイバを媒体として光信号が伝送され、光信号の伝送経路を成るファイバから他のファイバへと切換えるためには、一般に、いわゆる光スイッチング装置が使用されている。良好な光通信を達成するうえで光スイッチング装置に求められる特性としては、切換え動作における、大容量性、高速性、高信頼性などが挙げられる。これらの観点より、光スイッチング装置に組み込まれるスイッチング素子としては、マイクロマシン技術によって作製されるマイクロミラー素子が注目を集めている。マイクロミラー素子によると、光スイッチング装置における入力側の光伝送路と出力側の光伝送路との間で、光信号を電気信号に変換せずに光信号のままでスイッチング処理を行うことができ、上述の特性を得るうえで好適だからである。

【0003】マイクロマシン技術で作製したマイクロミラー素子を用いた光スイッチング装置は、例えば、国際公開WO00/20899号公報や、論文Fully Provisioned 112X112 Micro-Mechanical Optical Crossconnect with 35.8Tb/sec Demonstrated Capacity (Proc. 25th Optical Fiber Communication Conf., Baltimore, PD12(2000))などに開示されている。

【0004】図18は、一時的な光スイッチング装置500の概略構成を表す。光スイッチング装置500は、一対のマイクロミラーアレイ501、502と、入力ファイバアレイ503と、出力ファイバアレイ504と、複数のマイクロレンズ505、506とを備える。入力ファイバアレイ503は所定数の入力ファイバ503aからなり、マイクロミラーアレイ501には、各入力ファイバ503aに対応するマイクロミラー素子501aが複数配設されている。同様に、出力ファイバアレイ504は所定数の出力ファイバ504aからなり、マイクロミラーアレイ502には、各出力ファイバ504aに対応するマイクロミラー素子502aが複数配設されている。マイクロミラー素子501a、502aは、各々、光を反射するためのミラー面を有し、当該ミラー面の向きを制御できるように構成されている。複数のマイ

(3)

特開2003-344785

クロレンズ505は、各々、入力ファイバ503aの端部に対向するように配置されている。同様に、複数のマイクロレンズ506は、各々、出力ファイバ504aの端部に対向するように配置されている。

【0005】光伝送時において、入力ファイバ503aから出射される光L1は、対応するマイクロレンズ505を通過することによって、相互に平行光とされ、マイクロミラーアレイ501へ向かう。光L1は、対応するマイクロミラー素子501aで反射し、マイクロミラーアレイ502へと偏向される。このとき、マイクロミラー素子501aのミラー面は、光L1を所望のマイクロミラー素子502aに入射させるように、予め所定の方

向を向いている。次に、光L1は、マイクロミラー素子502aで反射し、出力ファイバアレイ504へと偏向される。このとき、マイクロミラー素子502aのミラー面は、所望の出力ファイバ504aに光L1を入射させるように、予め所定の方

向を向いている。【0006】このように、光スイッチング装置500によると、各入力ファイバ503aから出射した光L1は、マイクロミラーアレイ501、502における偏向によって、所望の出力ファイバ504aに到達する。すなわち、入力ファイバ503aと出力ファイバ504aは1対1で接続される。そして、マイクロミラー素子501a、502aにおける偏向角度を適宜変更することによって、光L1が到達する出力ファイバ504aが切

換えられる。【0007】図19は、他の一般的な光スイッチング装置600の概略構成を表す。光スイッチング装置600は、マイクロミラーアレイ601と、固定ミラー602と、入出力ファイバアレイ603と、複数のマイクロレンズ604とを備える。入出力ファイバアレイ603は所定数の入力ファイバ603aおよび所定数の出力ファイバ603bからなり、マイクロミラーアレイ601には、各ファイバ603a、603bに対応するマイクロミラー素子601aが複数配設されている。マイクロミラー素子601aは、各々、光を反射するためのミラー面を有し、当該ミラー面の向きを制御できるように構成されている。複数のマイクロレンズ604は、各々、各ファイバ603a、603bの端部に対向するように配

置されている。2のマイクロミラー素子601aで反射されることによって、入出力ファイバアレイ603へと偏向される。このとき、第2のマイクロミラー素子601aのミラー面は、光L2を所望の出力ファイバ603bに入射させるように、予め所定の方

向を向いている。【0009】このように、光スイッチング装置600によると、各入力ファイバ603aから出射した光L2は、マイクロミラーアレイ601および固定ミラー602における偏向によって、所望の出力ファイバ603bに到達する。すなわち、入力ファイバ603aと出力ファイバ603bは1対1で接続される。そして、第1および第2のマイクロミラー素子601aにおける偏向角度を適宜変更することによって、光L2が到達する出力ファイバ603bが切換えられる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述のような光スイッチング装置500、600においては、光通信網が大規模化するほどファイバ数は増加し、従って、マイクロミラーアレイに組み込まれるマイクロミラー素子ないしミラー面の数も増加する。ミラー面の数が増加するほど、当該ミラー面を駆動するために必要な配線の量は増加するので、単一のマイクロミラーアレイにおいて、配線形成に必要な面積は増大する。同一基板に対してミラー面とともに配線パターンを形成する場合、配線形成領域が拡大するほど、ミラー面間のピッチを大きくする必要があるので、その結果、当該基板ないしマイクロミラーアレイが大きくなるものになってしまう。また、ミラー面の数が増加すると、同一基板に対してミラー面とともに配線パターンを形成すること自体が困難となる傾向にある。

【0011】本発明は、このような事情のもとで考え出されたものであって、ミラー面の数の増加に伴う素子の大型化を抑制可能なマイクロミラー素子に関する。

【0012】

【課題を解決するための手段】

【0013】本発明の第1の側面によるとマイクロミラー素子が提供される。このマイクロミラー素子は、フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、フレーム部および可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、マイクロミラー基板および配線基板を離隔させつつフレーム部および配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする。

【0014】本発明の第1の側面に係るマイクロミラー素子では、ミラー部を有する可動部と、これを駆動するために必要な配線とは、別々の基板に形成されている。したがって、可動部と配線とを同一基板に形成することによって起因してマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。例えば、複数のミラー部ないし可動部を有する場合であっても、マイクロミラー基板に形成されるミ

(4)

特開2003-344785

5

6

一部の数の増加に伴って当該ミラー部の形成ピッチが大きくなることは、適切に回避することができる。また、マイクロミラー基板においては、可動部を駆動するための導電経路が、フレーム部ないし固定部に適宜形成されており、当該導電経路と配線基板上の配線とは、導電スペースにより電氣的に接続されている。そのため、可動部とこれを駆動するために必要な配線とが別々の基板に形成されておいても、当該配線を介しての当該可動部の駆動を行うことができる。加えて、可動部が形成されているマイクロミラー基板と、配線が形成されている配線基板とは、導電スペースにより離隔されている。そのため、可動部を有するマイクロミラー基板に隣接する配線基板を具備しておいても、マイクロミラー基板と配線基板との間の離隔距離を導電スペースにより十分に確保することによって、配線基板が可動部に当接して当該可動部の動作を妨げてしまうことは回避される。このように、本発明の第1の側面によると、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の可動部の駆動を適切に行うことができるのである。

【0015】本発明の第2の側面によると別のマイクロミラー素子が提供される。このマイクロミラー素子は、フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、フレーム部および可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、マイクロミラー基板および配線基板を離隔させつつフレーム部および配線パターンを電氣的に接続するための導電スペースと、を備えることを特徴とする。

【0016】本発明の第2の側面に係るマイクロミラー素子では、複数の可動部と、各可動部を駆動するための配線とは、別々の基板に形成されている。したがって、可動部と配線とを同一基板に形成することに起因してマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。すなわち、マイクロミラー基板に形成されるミラー部の数が増加しても、当該ミラー部の形成ピッチを一定に維持することができる。その結果、素子の過度な大型化を抑制することができる。また、マイクロミラー基板においては、各可動部を駆動するための導電経路が、各フレーム部ないし固定部に適宜形成されており、当該導電経路と配線基板上の配線とは、導電スペースにより電氣的に接続されている。そのため、各可動部とこれを駆動するために必要な配線とが別々の基板に形成されておいても、当該配線を介しての当該可動部の駆動を行うことができる。加えて、各可動部が形成されているマイクロミラー基板と、対応する配線が形成されている配線基板とは、導電スペースにより離隔されている。そのため、可動部を有するマイクロミラー基板に隣接する配線基板を具備しておいても、マイクロミラー基板と配線基板との間の離隔距離を導電スペースにより十分に確保することによって、配線基板が可動部に当接して当該可動部の動作を

妨げてしまうことは回避される。このように、本発明の第2の側面によると、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラーユニットの可動部の駆動を適切に行うことができるのである。

【0017】本発明の第1および第2の側面において、好ましくは、導電スペースは、単一のバンブ、または、積み重なる複数のバンブからなる。好ましくは、導電スペースは、電極パッドを介して配線パターンおよび/またはフレーム部に接続している。このような構成に代えて、又は、このような構成とともに、導電スペースは、導電性接着剤を介して配線パターンおよび/またはフレーム部に接続しているのが好ましい。これらの構成により、導電スペースを介しての配線パターンとフレーム部との電氣的接続を適切に達成することができる。

【0018】好ましい実施形態においては、導電スペースと電極パッドは融着している。好ましい他の実施形態においては、導電スペースと電極パッドは圧接している。これらの構成により、配線基板に形成されている電極パッド及び/又はフレーム部に形成されている電極パッドと導電スペースとの電氣的接続および機械的接合を適切に達成することができる。

【0019】好ましくは、配線基板は、マイクロミラー基板に対向する第1の面を有し、当該第1の面には、可動部の進入を許容する退避部が形成されている。配線基板に対してこのような退避部を設けることにより、マイクロミラー基板と配線基板との間において導電スペースにより確保されるべき離隔距離を低減することができる。その結果、導電スペースのサイズを低減することが可能となる。

【0020】好ましくは、配線基板は、第1の面とは反対の第2の面を有し、当該第2の面には、配線パターンの一部が形成されている。より好ましくは、配線基板は、第1の面に形成されている配線パターンと第2の面に形成されている配線パターンとを電氣的に接続するように、配線基板を貫通する導電連絡部を有する。本発明では、配線基板の第2の面に対して配線パターンを形成してもよい。特に配線基板の第1の面に退避部を形成する場合、配線パターンを第2の面に形成することによって、配線形成領域を十分に確保することができる。

【0021】好ましくは、マイクロミラー基板と配線基板との間に接着剤が介在する。好ましくは、フレーム部と配線基板との間に追加スペースが介在する。より好ましくは、追加スペースはバンブである。このように、マイクロミラー基板と配線基板との間における、導電スペースによる機械的連結の強度、および、導電スペースのスペースとしての機能を増強してもよい。

【0022】好ましくは、可動部は第1偏極電極部を有し、フレーム部は、第1偏極電極部との間に静電力を生じさせることにより可動部を変位させるための第2偏極電極部を有する。本発明のマイクロミラー素子は、この

(5)

特開2003-344785

7

ような偏歯電極型として構成されているのが好ましい。

【0023】可動部は、トーションバーを介してフレーム部に連結された中継フレームと、当該中継フレームから離隔するミラー形成部と、当該中継フレームおよびミラー形成部を連結する中継トーションバーを備え、中継トーションバーは、トーションバーの延び方向に対して交差する方向に延びている。本発明のマイクロミラー素子は、このような2軸型として構成されているのが好ましい。2軸型マイクロミラーにおいては、1軸型マイクロミラーよりも、可動部を駆動するために必要な配線量は多い。しかしながら、本発明に係るマイクロミラー素子においては、上述したように、配線量の増加はミラー部の形成ピッチに不当な影響を与えない。2軸型マイクロミラー素子においては、ミラー形成部は第3偏歯電極部を有し、中継フレームは、第3偏歯電極部との間に静電力を生じさせることによりミラー形成部を変位させるための第4偏歯電極部を有するのが好ましい。

【0024】好ましくは、マイクロミラー基板は、絶縁膜および/または空隙により相互に絶縁された複数の区画を有し、当該複数の区画の一部は、導電スペーサと電気的に接続している。このような構成により、マイクロミラー基板において、良好な導電経路を形成することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施形態に係るマイクロミラー素子X1の斜視図である。図2は、マイクロミラー素子X1の分解斜視図である。図3は、図1の線III-IIIに沿った断面図である。

【0026】マイクロミラー素子X1は、マイクロミラー基板100と、配線基板200と、これらの間に介在する導電スペーサ300とを備える。マイクロミラー基板100は、ミラー形成部110と、これを囲む内フレーム120と、内フレーム120を囲む外フレーム130と、ミラー形成部110および内フレーム120を連結する一対のトーションバー140と、内フレーム120および外フレーム130を連結する一対のトーションバー150とを備える。一対のトーションバー140は、内フレーム120に対するミラー形成部110の回転動作の回転軸心A1を規定する。一対のトーションバー150は、外フレーム130に対する内フレーム120およびこれに伴うミラー形成部110の回転動作の回転軸心A2を規定する。回転軸心A1と回転軸心A2は略直交している。このように、マイクロミラー基板100には、2軸型のマイクロミラーが形成されている。

【0027】本実施形態のマイクロミラー基板100は、厚さ100 μ mの第1シリコン層と、厚さ100 μ mの第2シリコン層と、これらに挟まれた厚さ1 μ mの絶縁層とからなる積層構造を有するSOI (Silicon on Insulator) ウェハから、マイクロマシニング技術により形成されたものである。具体的には、マイクロミラー

8

基板100は、フォトリソグラフィ、DRIE (Deep Reactive Ion Etching) などのドライエッチング技術、ウェットエッチング技術などを用いて、第1シリコン層、第2シリコン層、および絶縁層の一部をエッチング除去することにより形成されたものである。第1シリコン層および第2シリコン層は、シリコンに対してPやAsなどのn型不純物やBなどのp型不純物がドーパされて導電性が付与されている。ただし、本発明では、マイクロミラー基板100は、他の形態の基板から作製してもよい。

【0028】ミラー形成部110は、その上面にミラー面(図示略)が露出形成されている。また、ミラー形成部110の相対向する2つの側面には、偏歯電極110a、110bが設けられている。ミラー形成部110は、第1シリコン層に由来する。

【0029】内フレーム120は、内フレーム主部121と、一対の電極基台122と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、内フレーム主部121と電極基台122は、絶縁層によって電気的に分断されている。一対の電極基台122には、内方に延出する偏歯電極122a、122bが設けられている。内フレーム主部121には、外方に延出する偏歯電極121a、121bが設けられている。偏歯電極122a、122bは、ミラー形成部110の偏歯電極110a、110bの下方に位置しており、ミラー形成部110の回転動作時において偏歯電極110a、110bと当接しないように配置されている。内フレーム主部121は第1シリコン層に由来し、一対の電極基台122は第2シリコン層に由来する。

【0030】基トーションバー140は、ミラー形成部110と内フレーム主部121とに接続しており、第1シリコン層に由来する。

【0031】外フレーム130は、第1外フレーム部131と、第2外フレーム部132と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、第1外フレーム部131と第2外フレーム部132は、絶縁層によって電気的に分断されている。第2外フレーム部132には、図4に表すように、空隙を介して第1アイランド134、第2アイランド135、第3アイランド136、および、第4アイランド137が設けられている。第1〜第4アイランド134〜137には、各々、電極パッド138a〜138dが設けられている。電極パッド138a〜138dは、AuまたはAlよりなる。第3アイランド136および第4アイランド137には、各々、内方に延出する偏歯電極132a、132bが設けられている。偏歯電極132a、132bは、各々、内フレーム主部121の偏歯電極121a、121bの下方に位置しているが、内フレーム120の回転動作時において、偏歯電極121a、121bの歯と当接しないように配置されている。第1外フレーム部131は第1シリコン層に

(6)

特開2003-344785

9

10

由来し、第2外フレーム部132は第2シリコン層に由来する。

【0032】トーションバー150は、上層151と、下層152と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、上層151と下層152は、絶縁層によって電気的に分断されている。上層151は、内フレーム主部121と第1外フレーム部131とに接続し、下層152は、電極基台122と第2外フレーム部132とに接続している。上層151は第1シリコン層に由来し、下層152は第2シリコン層に由来する。

【0033】配線基板200は第1面201および第2面202を有する。第1面201には、所定の配線パターン210が形成されている。配線パターン210には、導通接続用の4つの電極パッド211a~211dおよび外部接続用の4つの電極パッド212a~212dが含まれる。電極パッド211a~211dは、マイクロミラー基板に設けられている電極パッド138a~138dに対応する位置に配置されている。配線基板200の本体は、厚さ300 μ mのシリコン基板やセラミックス基板などである。配線パターン210は、配線基板200の第1面201に対して金属材料を成膜した後、これをパターニングすることによって、形成される。金属材料としては、AuやAlを用いることができる。また、成膜手法としては、スパッタリング法やめっき法を採用することができる。

【0034】導電スペーサ300は、マイクロミラー基板の電極パッド138a~138dと配線基板の電極パッド211a~211dとの間に介在している。本実施形態では、導電スペーサ300は、Auボールバンプが2段に積み重なった構造を有し、電極パッド211a~211dとは融着しており、電極パッド138a~138dとは導電性接着剤303を介して接合している。Auボールバンプ間は、超音波ボンディングにより接合されている。

【0035】このような構成のマイクロミラー素子X1において、第1外フレーム部131をグランド接続すると、第1外フレーム部131と同一のシリコン系材料により一体的に形成されている、即ち第1シリコン層由来のトーションバー150の上層151、内フレーム主部121、トーションバー140およびミラー形成部110を介して、偏置電極110a、110bと偏置電極121a、121bとがグランド接続されることとなる。この状態において、偏置電極122aまたは偏置電極122bに所望の電位を付与し、偏置電極110aと偏置電極122aとの間、または、偏置電極110bと偏置電極122bとの間に静電力を発生させることによって、ミラー形成部110を、回転軸心A1まわりに揺動させることができる。また、偏置電極132aまたは偏置電極132bに所望の電位を付与し、偏置電極121aと偏置電極132aとの間、または、偏置電極121

bと偏置電極132bとの間に静電力を発生させることによって、内フレーム120およびミラー形成部110を、回転軸心A2まわりに揺動させることができる。

【0036】偏置電極122aへの電位の付与は、図2~図4を併せて参照するとよく理解できるように、配線基板200の電極パッド212a、電極パッド211a、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138a、第1アイランド134、これに接続しているトーションバー150の下層152、これに接続している電極基台122を介して行うことができる。偏置電極122bへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212b、電極パッド211b、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138b、第2アイランド135、これに接続しているトーションバー150の下層152、これに接続している電極基台122を介して行うことができる。偏置電極132aへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212c、電極パッド211c、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138c、第3アイランド136を介して行うことができる。偏置電極132bへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212d、電極パッド211d、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138d、第4アイランド137を介して行うことができる。このように4つの導電経路を介して所定の電位を付与することにより、ミラー形成部110を所定の方向に向けることができる。

【0037】このような電位の付与によりミラー形成部110および/または内フレーム120を揺動駆動させると、これら可動部の何れかの端部は、配線基板200に向かって変位する。例えば、内フレーム120における電極基台122の長さL3が600 μ mである場合、内フレーム120が回転軸心A2まわりに5°回転すると、電極基台122の端部は、非回転時の位置から60 μ m下がることとなる。このような内フレームの変位を阻害しないように、マイクロミラー基板100および配線基板200は絶縁している必要がある。したがって、本実施形態では、導電スペーサ300の高さは例えば100 μ mとされている。

【0038】このように、マイクロミラー素子X1は、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の可動部の駆動を適切に行うための構成を有する。具体的には、導電スペーサ300により、マイクロミラー基板100に形成されている導電経路と、配線基板200に形成されている配線パターン210とが電気的に接続されている。それとともに、導電スペーサ300により、マイクロミラー基板100および配線基板200の良好な絶縁状態が達成されている。また、ミラー形成部110および内フレーム120からなる可動部を駆動するための配線は、当該可動部が形成されているマ

(7)

特開2003-344785

11

マイクロミラー基板100には形成されていないため、マイクロミラー基板100ひいてはマイクロミラー素子X1の小型化が達成されている。

【0039】図5は、本発明の第2の実施形態に係るマイクロミラー素子X2の斜視図である。図6は、マイクロミラー素子X2の分解斜視図である。図7は、図5の線VII-VIIに沿った部分断面図である。

【0040】マイクロミラー素子X2は、マイクロミラー基板100と、配線基板200と、これらの間に介在する導電スペーサ300とを備える。マイクロミラー基板100には、合計9個のマイクロミラーユニットX2'と、これらを含む共通外フレーム130'とを備える。マイクロミラーユニットX2'は、ミラー形成部110と、これを囲む内フレーム120と、ミラー形成部110および内フレーム120を接続する一対のトーションバー140と、内フレーム120および共通外フレーム130'を接続する一対のトーションバー150とを備える。マイクロミラーユニットX2'のミラー形成部110、内フレーム120、トーションバー140、150は、マイクロミラー素子X1のそれと同様の構成を有している。共通外フレーム130'は、各マイクロミラーユニットX2'ごとに、マイクロミラー素子X1の外フレーム130と同様の構成を有する。

【0041】配線基板200は第1面201および第2面202を有する。第1面201には、各マイクロミラーユニットX2'を個別に駆動するように配線パターン210が形成されている。配線パターン210には、各マイクロミラーユニットX2'に対応する導通接続用の4つの電極パッド211a~211dおよび外部接続用の4つの電極パッド212a~212dが含まれる。電極パッド211a~211dは、各マイクロミラーユニットX2'に設けられている電極パッド138a~138dに相対する位置に配置されている。配線基板200に関する他の構成については、マイクロミラー素子X1に関して上述したのと同様である。

【0042】導電スペーサ300は、マイクロミラー基板の電極パッド138a~138dと配線基板の電極パッド211a~211dとの間に介在している。導電スペーサ300に関する他の構成については、マイクロミラー素子X1に関して上述したのと同様である。

【0043】このように、マイクロミラー素子X2は、単一のマイクロミラー基板100および単一の配線基板200において、9個のマイクロミラー素子X1が一体的に形成されたものに相当する。したがって、マイクロミラー素子X2においては、マイクロミラー素子X1に関して上述したのと同様に、各マイクロミラーユニットX2'を駆動して、マイクロミラーユニットX2'の可動部すなわちミラー形成部110および内フレーム120を駆動することができる。

【0044】このように、マイクロミラー素子X2は、

12

マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の可動部の駆動を適切に行うための構成を有する。具体的には、マイクロミラー素子X2においては、導電スペーサ300により、マイクロミラー基板100に形成されている導電経路と、配線基板200に形成されている配線パターン210とが電気的に接続されている。それとともに、導電スペーサ300により、マイクロミラー基板100および配線基板200の良好な離隔状態が達成されている。また、ミラー形成部110および内フレーム120からなる可動部を駆動するための配線は、当該可動部が形成されているマイクロミラー基板100には形成されていないため、マイクロミラー基板100ひいてはマイクロミラー素子X2の小型化が達成されている。本実施形態では、マイクロミラー基板100において、合計9個のマイクロミラーユニットX2'が形成されているが、本発明では、これよりも多い数のマイクロミラーユニットX2'をマイクロミラー基板100に一体成形する場合においても、第2の実施形態に関して上述した効果が奏される。

【0045】図8~図12は、マイクロミラー素子X2の製造工程を表す。マイクロミラー素子X2の製造においては、まず、図8に示すように、基板200'の上に配線パターン210を形成することによって、配線基板200を作製する。具体的には、基板200'に対して、スパッタリング法やめっき法により、金属材料を成膜し、所定のマスクを介して当該金属膜をパターニングする。このとき形成される配線パターン210には、電極パッド211a~211dおよび電極パッド212a~212dが含まれる。基板200'としては、Siなどの半導体基板、セラミックス基板、ガラス基板などを用いることができる。配線用の金属材料としては、AuやAlを用いることができる。

【0046】次に、図9に示すように、電極パッド211a~211dの上に、ワイヤボンダを用いて、Au製のボールパンブ301を形成する。本工程以降の説明においては、マイクロミラー素子X2のモデル断面を参照して説明する。次に、図10に示すように、ワイヤボンダを用いて、ボールパンブ301の上にAu製のボールパンブ302を形成し、これによって導電スペーサ300を形成する。ボールパンブ301、302の形成においては、ワイヤボンダを用いた形成プロセス上、ボールパンブ301、302の頂部には、図9および図10に示すような微小な突起が形成される。

【0047】次に、図11に示すように、レベリングを行うことにより、導電スペーサ300の高さを揃える。具体的には、ボールパンブ302の頂部をガラス板等の平坦な面に対して押し付けることによって、ボールパンブ302の有していた微小突起を押し潰し、導電スペーサ300の高さを一様にする。マイクロミラー素子X1に関して上述したように、ミラー形成部110を含む可

(8)

特開2003-344785

13

動部は、配線基板200に向かって例えば60μm程度下がる。そのため、駆動時において当該可動部が配線基板200に当接しないようにするためには、マイクロミラー基板100と配線基板200との間を例えば60μm以上離隔する必要がある。本実施形態では、ボールパンを2段に重ねることによって、そのような所望の離隔状態が確保されている。具体的には、2段のボールパン301、302からなりレベリング工程を経た導電スペース300により達成される離隔距離は、例えば100μmである。ただし、本発明では、マイクロミラー基板100と配線基板200との間に要求される離隔距離に応じて、導電スペースを構成するボールパンの数は適宜選択することができる。

【0048】次に、図12に示すように、導電スペース300のないボールパン302の頂部に対して、熱硬化性の導電性接着剤303を塗布する。例えば、導電性接着剤303を厚さ25μmに均一に塗布した平坦な基板に対して、導電スペース300を介して配線基板200を合わせることで、導電スペース300の頂部に導電性接着剤303を転写することができる。

【0049】次に、フリップチップボンダを用いて、別途形成されるマイクロミラー基板100と配線基板200とを位置合わせしつつマイクロミラー基板100を配線基板200上に載置した後、加圧および加熱しながら、図7に示すように、マイクロミラー基板100と配線基板200とを導電スペース300を介して接合する。このとき、導電性接着剤303が硬化することにより、導電スペース300がマイクロミラー基板100の電極パッド138a～138dに接合される。その結果、配線基板200の配線パターン210と、マイクロミラー基板100の電極パッド138a～138dが電気的に接続される。このようにして、マイクロミラー素子X2が製造される。

【0050】図13および図14は、図12に続く別の工程を表す。まず、図13に示す工程では、図12に示す工程を経た配線基板200に対して、熱硬化性の接着剤401を塗布する。接着剤401としては、例えばエポキシ系の接着剤を使用することができる。接着剤401は、導電スペース300を被覆しないように、且つ、マイクロミラー基板100の共通外フレーム130'に40対向することとなる配線基板200の所定の箇所にて、所定の量が塗布される。

【0051】次に、図14に示すように、フリップチップボンダを用いて、別途形成されるマイクロミラー基板100と配線基板200とを位置合わせしつつマイクロミラー基板100を配線基板200上に載置した後、加圧および加熱しながら、マイクロミラー基板100と配線基板200とを導電スペース300を介して接合する。このとき、導電性接着剤303が硬化することにより、導電スペース300がマイクロミラー基板100の

14

電極パッド138a～138dに接合される。その結果、配線基板200の配線パターン210と、マイクロミラー基板100の電極パッド138a～138dが電気的に接続される。マイクロミラー基板100を配線基板200上に載置するとき、接着剤401の粘着力により、マイクロミラー基板100は配線基板200に対して仮固定される。また、加圧および加熱を経て、マイクロミラー基板100の共通外フレーム130'と配線基板200との間で接着剤401が硬化した後は、当該接着剤401は、マイクロミラー基板100と配線基板200との接合を補強する働きを担う。このようにしてマイクロミラー素子X2を作製してもよい。

【0052】また、マイクロミラー素子X2においては、図15に示すように、マイクロミラー基板100と配線基板200との間において、追加スペース300'を形成してもよい。この場合、追加スペース300'は、マイクロミラー基板100の共通外フレーム130'と配線基板200の間に形成される。追加スペース300'は、ハンダパン、金属めっき、ドライフィルムレジスト、および、ガラス製または樹脂製の球状スペースなどにより構成することができる。ハンダパンなどの金属材料により追加スペース300'を構成する場合、共通外フレーム130'および配線基板200の追加スペース形成箇所において、予め金属パッドを形成しておくのが好ましい。共通外フレーム130'および配線基板200と追加スペース300'との間において十分な接合強度を得るためである。また、ハンダパンなどの金属材料により追加スペース300'を構成する場合には、配線基板200上の配線パターン210とマイクロミラー基板100に形成されている導電回路とが、追加スペース300'によりショートしないように、追加スペース300'を形成する。

【0053】導電スペース300の電極パッド211a～211dおよび/または電極パッド138a～138dに対する接合については、上述のような方法に代えて、AuパッドとAuパンとの間の超音波ボンディングにより達成してもよい。或は、パッドと導電スペース300を圧接することにより達成してもよい。この場合、マイクロミラー基板100と配線基板200の機械的接合は、他の箇所に形成される例えば図14に示すような接着剤401により達成される。導電スペース300については、Au製のパンボール301、302に代えて、図16に示すように、単一のハンダパン304を採用することもできる。めっき法やスクリーン印刷法により電極上に供給するハンダパン形成材料を調整することにより、単一のハンダパン304により導電スペース300を形成することが可能である。

【0054】図17は、本発明の第3の実施形態に係るマイクロミラー素子X3の部分断面図である。マイクロミラー素子X3は、配線基板200についてはマイクロ

(9)

特開2003-344785

15

ミラー素子X2と異なる構成を有し、マイクロミラー基板100および導電スペーサ300についてはマイクロミラー素子X2と同様の構成を有する。ただし、本実施形態では、導電スペーサ300としては単一ハンダバンプ304を採用する。

【0055】マイクロミラー素子X3の配線基板200は、第1の面201および第2の面202を有する。第1の面201には、退避部203が形成されている。この退避部203は、マイクロミラー基板100のミラー形成部110や内フレーム120の進入を許容するような箇所および深さで形成されている。このように退避部203が形成されているため、同一サイズのミラー形成部110および内フレーム120を前提とすると、マイクロミラー素子X3の導電スペーサ300に要求される高さは、マイクロミラー素子X1およびマイクロミラー素子X2の導電スペーサ300に要求される高さよりも低い。したがって、比較的低い単一のハンダバンプ304によっても、導電スペーサ300としての機能を良好に果たすことができる。

【0056】退避部203の形成によって、配線基板200の第1の面201において、配線パターン210を形成するための領域は小さくなる。これに対応するべく、マイクロミラー素子X3では、配線パターン210は、配線基板200の第2の面202にも形成されている。このような構成の配線パターン210においては、第1の面201の配線パターン210と第2の面202の配線パターン210は、配線基板200を貫通する導電通路部220によって電気的に接続されている。第1の面201の配線パターン210は、導電スペーサ300が接合する電極パッド211a～211dのみとしてもよい。また、第2の面202の配線パターン210には、外部接続用の電極パッド212a～212dが含まれる。電極パッド212には、外部接続用の例えばハンダバンプ230が形成されている。

【0057】上述の第1～第3の実施形態では、2軸型であって歯歯電極型のマイクロミラーについて示したが、本発明では、平行平板型マイクロミラー等について実施してもよい。また、上述のマイクロミラー素子X2の製造方法においては、マイクロミラー基板100と配線基板200の接合の前に、導電スペーサ300を配線基板200に対して形成しておく手法を説明したが、本発明では、マイクロミラー基板100と配線基板200の接合の前に、導電スペーサ300は、マイクロミラー基板200に対して形成しておいてもよい。或は、両基板に対して導電スペーサ300の一部を形成しておき、マイクロミラー基板100と配線基板200の接合の際に導電スペーサ300が形成される手法を採用してもよい。マイクロミラー素子X1、X3は、これらの手法を含むマイクロミラー素子X2に関して説明した製造方法と同様な方法により、製造することができる。

16

【0058】以上のまとめとして、本発明の構成およびそのバリエーションを以下に付記として列挙する。

【0059】（付記1）フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする、マイクロミラー素子。

（付記2）フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えることを特徴とする、マイクロミラー素子。

（付記3）前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる、付記1または2に記載のマイクロミラー素子。

（付記4）前記導電スペーサは、電極パッドを介して前記配線パターンおよび／または前記フレーム部に接続している、付記1から3のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

（付記5）前記導電スペーサは、導電性接着剤を介して前記配線パターンおよび／または前記フレーム部に接続している、付記1から4のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

（付記6）前記導電スペーサと前記電極パッドは融着している、付記4に記載のマイクロミラー素子。

（付記7）前記導電スペーサと前記電極パッドは圧接している、付記4に記載のマイクロミラー素子。

（付記8）前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第1の面を有し、当該第1の面には、前記可動部の進入を許容する退避部が形成されている、付記1から7のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

（付記9）前記配線基板は、前記第1の面とは反対の第2の面を有し、当該第2の面には、前記配線パターンの一部が形成されている、付記8に記載のマイクロミラー素子。

（付記10）前記配線基板は、前記第1の面に形成されている配線パターンと前記第2の面に形成されている配線パターンとを電気的に接続するように、前記配線基板を貫通する導電通路部を有する、付記9に記載のマイクロミラー素子。

（付記11）前記マイクロミラー基板と前記配線基板との間に接着剤が介在する、付記1から10のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

(10)

特開2003-344785

17

【付記12】前記フレーム部と前記配線基板との間に追加スペースが介在する、付記1から11のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【付記13】前記追加スペースはバンプである、付記12に記載のマイクロミラー素子。

【付記14】前記可動部は第1偏置電極部を有し、前記フレーム部は、前記第1偏置電極部との間に静電力を生じさせることにより前記可動部を変位させるための第2偏置電極部を有する、付記1から13のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【付記15】前記可動部は、前記トーションバーを介して前記フレーム部に連結された中継フレームと、当該中継フレームから離隔するミラー形成部と、当該中継フレームおよびミラー形成部を連結する中継トーションバーとを備え、前記中継トーションバーは、前記トーションバーの延び方向に対して交差する方向に延びている、付記1から14のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【付記16】前記ミラー形成部は第3偏置電極部を有し、前記中継フレームは、前記第3偏置電極部との間に静電力を生じさせることにより前記ミラー形成部を変位させるための第4偏置電極部を有する、付記15に記載のマイクロミラー素子。

【付記17】前記マイクロミラー基板は、絶縁膜および/または空隙により相互に絶縁された複数の区画を有し、当該複数の区画の一部は、前記導電スペースと電気的に接続している、付記1から16のいずれか1つに記載のマイクロミラー素子。

【0060】

【発明の効果】本発明によると、ミラー面の数の増加に伴う素子の大型化を抑制可能なマイクロミラー素子が得られる。このようなマイクロミラー素子によると、大規模な光通信網に組み込まれる光スイッチング装置を小型に構成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図2】図1に示すマイクロミラー素子の分解斜視図である。

【図3】図1に示すマイクロミラー素子の断面図である。

【図4】図1に示すマイクロミラー素子のマイクロミラー基板の裏面図である。

18

【図5】本発明の第2の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図6】図5に示すマイクロミラー素子の分解斜視図である。

【図7】図5に示すマイクロミラー素子の部分断面図である。

【図8】図5に示すマイクロミラー素子の製造工程一部を表す。

【図9】図8に続く工程を表す。

【図10】図9に続く工程を表す。

【図11】図10に続く工程を表す。

【図12】図11に続く工程を表す。

【図13】図12に続く別の工程を表す。

【図14】図13に続く工程を表す。

【図15】マイクロミラー基板と配線基板との間に追加スペースが介在する場合の断面図である。

【図16】導電スペースの別の態様を表す。

【図17】本発明の第3の実施形態に係るマイクロミラー素子の部分断面図である。

【図18】光スイッチング装置の一例の概略構成図である。

【図19】光スイッチング装置の他の例の概略構成図である。

【符号の説明】

X1、X2、X3 マイクロミラー素子

X2' マイクロミラーユニット

100 マイクロミラー基板

110 ミラー形成部

120 内フレーム

130 外フレーム

130' 共通外フレーム

138a~138d 電極パッド

140、150 トーションバー

200 配線基板

210 配線パターン

211a~211d、212a~212d 電極パッド

300 導電スペース

300' 追加スペース

301、302 ボールバンプ

303 導電性接着剤

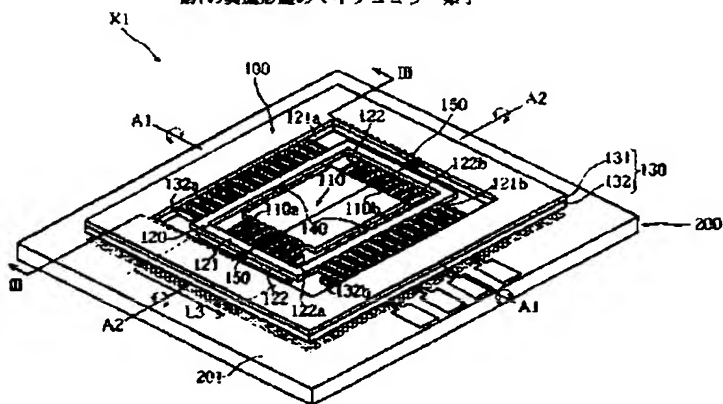
401 接着剤

(11)

特開2003-344785

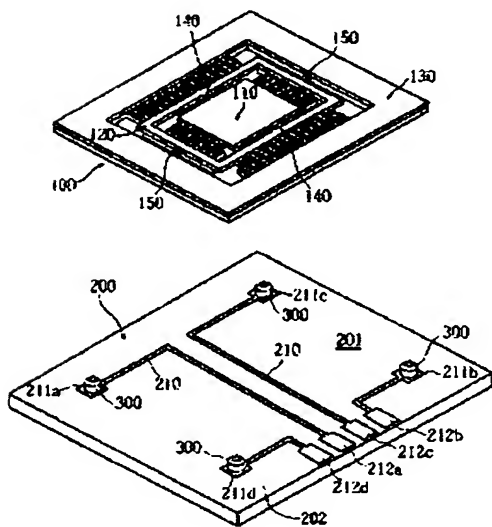
【図1】

第1の実施形態のマイクロミラー素子



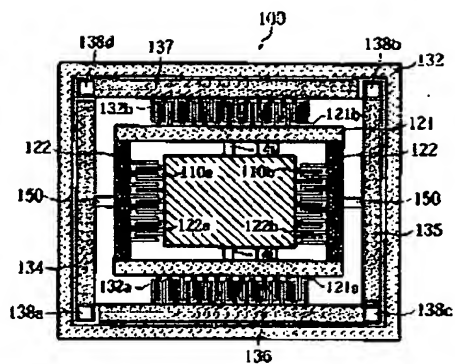
【図2】

図1のマイクロミラー素子の分解斜視図

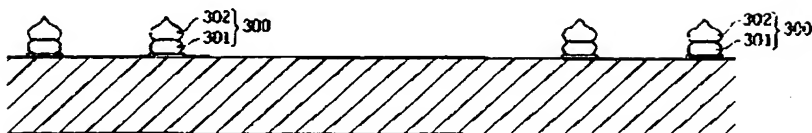


【図4】

マイクロミラー基板の裏面図



【図10】

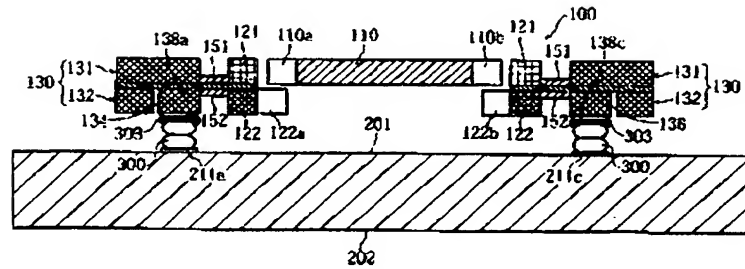


(12)

特開 2 0 0 3 - 3 4 4 7 8 5

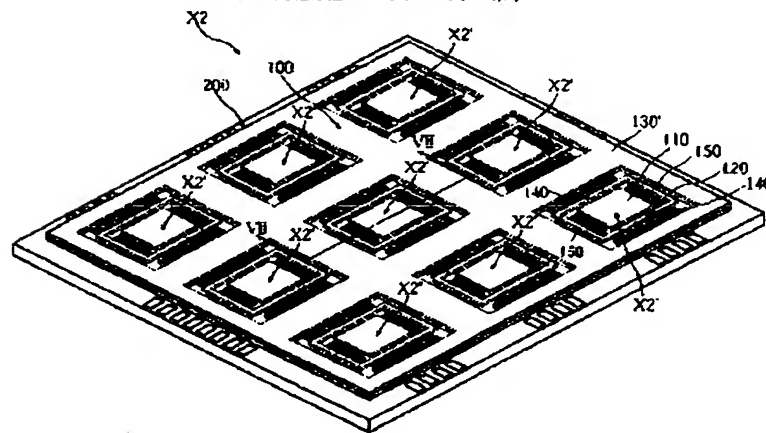
【圖3】

図1の線II-IIIに沿った断面図



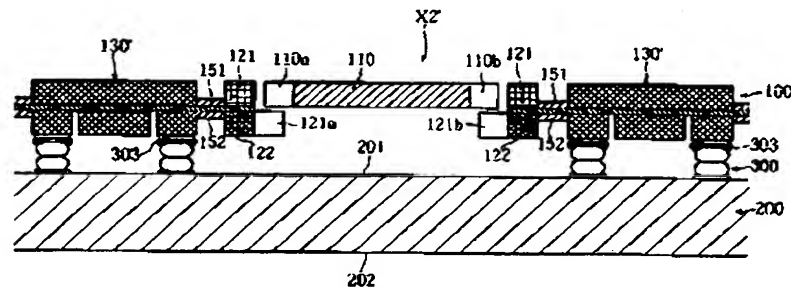
【例 5】

第2の実施形態のマイクロミラー素子



【圖 7】

図5の線VI-VIIに附った断面図

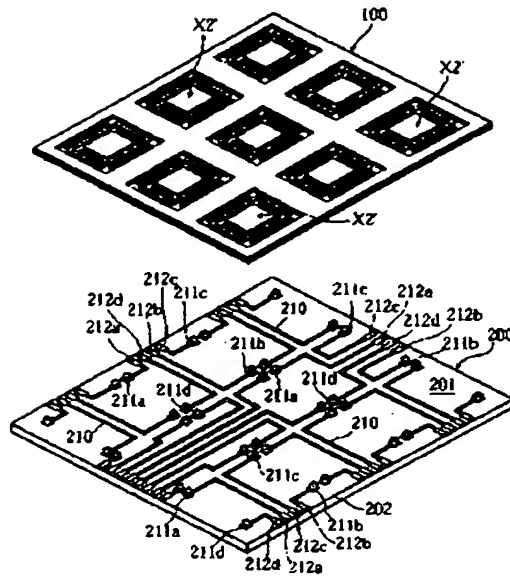


(13)

特開2003-344785

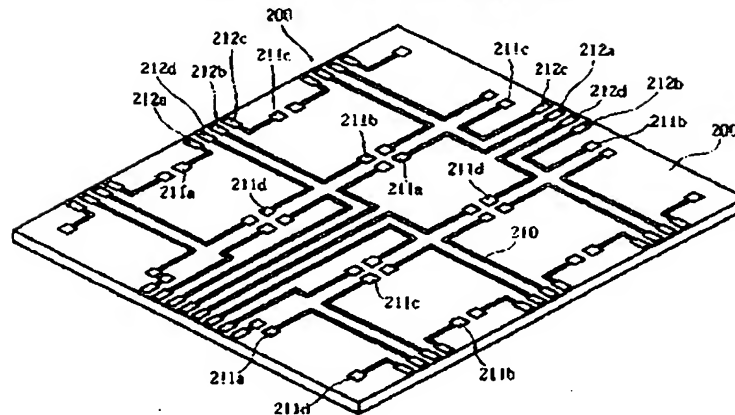
【図6】

図2のマイクロミラー素子の分解斜視図



【図8】

図5のマイクロミラー素子の製造工程の一部



(14)

特開2003-344785

【図9】

図8に続く工程



【図11】

図10に続く工程



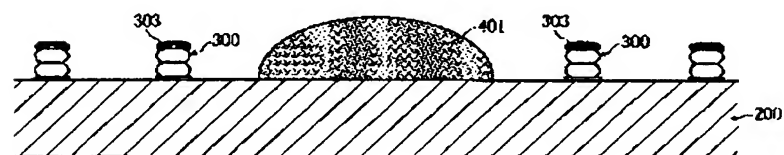
【図12】

図11に続く工程



【図13】

図12に続く別の工程

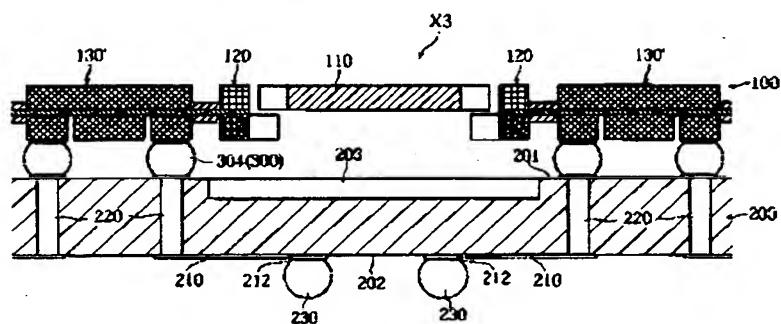


(15)

特開2003-344785

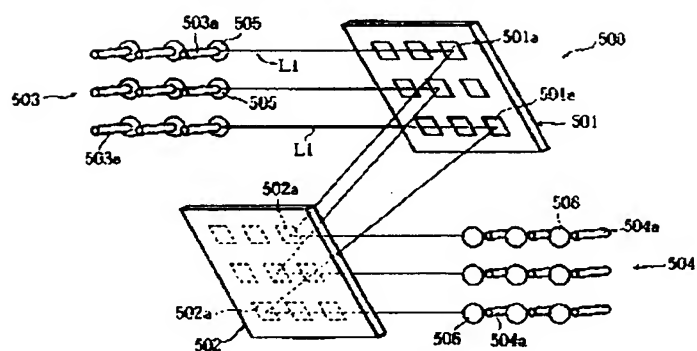
【図17】

第3の実施形態のマイクロミラー素子



【図18】

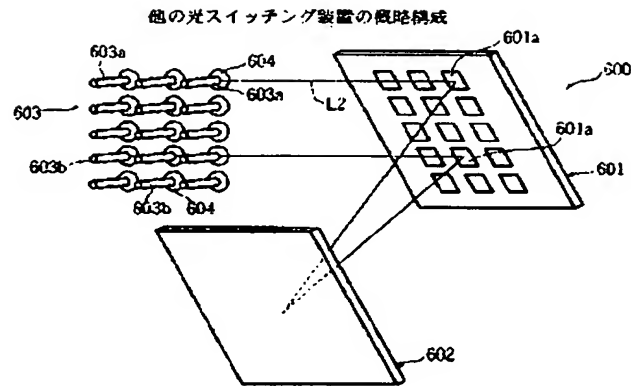
光スイッチング装置の概略構成



(17)

特開2003-344785

【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 曾根田 弘光
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 上田 知典
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 奥田 久雄
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 佐藤 一平
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 登井 修
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 水野 義博
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 高馬 悟覚
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 中村 義孝
 長野県須坂市大字小山460番地 富士通
 デバイス株式会社内

(72)発明者 山岸 文雄
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2H041 AA16 AB14 AB15 AC06 AZ02
 AZ03 AZ08
 5K059 AA16 DB36 DC08 EA27 EA30

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PAGE BLANK (USPTO)